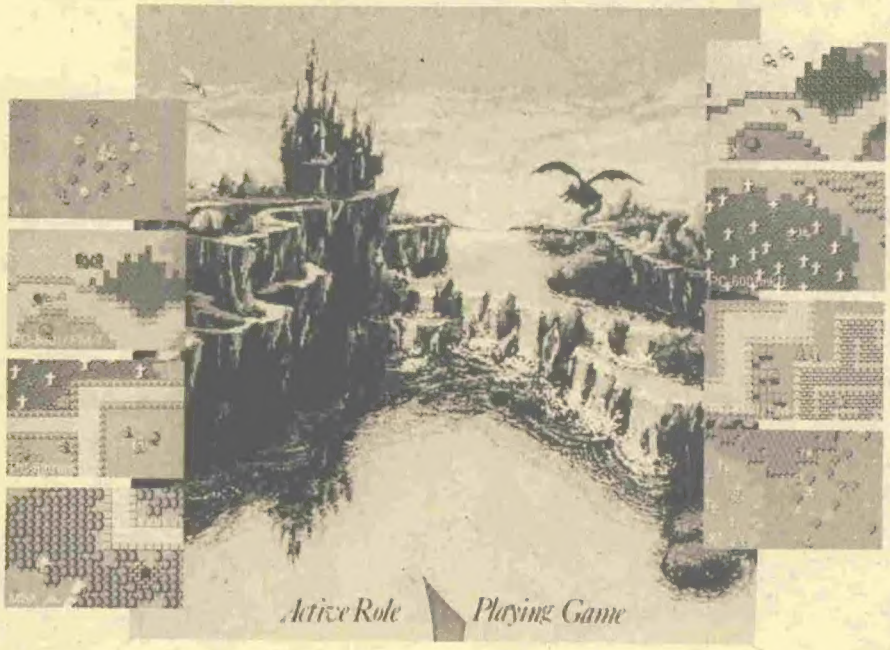
มีอะไรใน โฮมคอมพิวเตอร์



บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา

เมื่อประมาณสี่ปีที่แล้วผมเห็นเครื่องที่เรียกกันว่าโฮมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกำลังแพร่หลายอยู่ในญี่ปุ่น ผมมองดูแล้วก็ได้แต่สงสัยว่าจะมาถึงบ้านเราหรือไม่ เพราะเครื่องแอปเปิ้ลกำลังโด่งดังอยู่ในบ้านเรา ที่น่าประหลาดคือกลับเดินทางมาถึงในยุคของไอบีเอ็มพีซี กว่าผมจะรู้ก็เต็มตลาดเมืองไทยเสียแล้วในนามของเครื่องเล่นเกม และที่น่าประหลาดยิ่งขึ้นไปอีกคือไปแพร่หลายอยู่นอกวงการไมโครคอมพิวเตอร์ ผมหมายถึงการโฆษณาไปลงอยู่ตามนิตยสารทั่วไป

Home กับ MSX

ในขั้นแรกที่ผมรู้จักเครื่องแบบนี้ไม่ได้รู้จักในชื่อของโฮมคอมพิวเตอร์ (Home computer) แต่รู้จักในนามของ MSX ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทางญี่ปุ่นกำหนดขึ้นว่า เครื่องที่จะผลิตในญี่ปุ่นไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ให้มีมาตรฐานของข้อต่อเป็นแบบเดียวกัน (อย่าไปเอาอย่างแอปเปิ้ลกับไอบีเอ็ม) คือไม่ว่าจะซื้อเครื่องของบริษัทไหน ให้ใช้กับอุปกรณ์ภายนอก เช่น เครื่องพิมพ์ จอยสติ๊กของบริษัทอื่นได้

ส่วนคำว่า MSX นัยว่าย่อมาจากคำว่า MicroSoft Extension เพราะญี่ปุ่นให้ไมโครซอฟต์เขียนซอฟต์แวร์ให้ มีผู้กล่าวว่าญี่ปุ่นเก่งทางด้านฮาร์ดแวร์ แต่ซอฟต์แวร์สู้สหรัฐไม่ได้ เท็จจริงอย่างไรไม่ทราบครับ

โฮมกับพีซี

มีผู้สงสัยเหมือนกันว่าโฮมคอมพิวเตอร์ (Home computer) กับพีซี (PC:Personal Computer) ต่างกัน

อย่างไร เรื่องนี้พูดยากครับเพราะเมื่อแอปเปิ้ลทูโด่งดังนั้นดูเหมือนจะไม่ได้กล่าวขวัญกันถึงคำทั้งสองนี้เลยจนมีข่าวว่าไอบีเอ็มยักษ์ใหญ่ในวงการเมนเฟรมจะออกไมโครคอมพิวเตอร์ บ้างก็ว่าจะออกเป็นโฮมคอมพิวเตอร์ บ้างก็ว่าจะออกเป็นเพอซันแนลคอมพิวเตอร์

คำทั้งสองนี้ในขณะนั้นมีความขลังพอ ๆ กัน เพราะความยิ่งใหญ่ของไอบีเอ็ม ทำให้มองเห็นเป็นว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์จริง ๆ เสียทีไม่ว่าจะในบ้านหรือส่วนตัว ทั้งนี้เพราะผู้ที่อยู่ในแวดวงของเมนเฟรมในขณะนั้นส่วนหนึ่งไม่ยอมรับไมโครคอมพิวเตอร์เห็นว่าเป็นของเด็กเล่น ต่อมาเมื่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของไอบีเอ็มออกมาจริง ๆ เป็น IBM PC คำว่าโฮมคอมพิวเตอร์ก็เลือนหายไปจนกลับมาใหม่จากญี่ปุ่น

ในปัจจุบันหากจะให้แยกคงต้องดูที่การใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะเห็นว่าใช้กันอยู่ 3 ลักษณะ คือ เป็นเครื่องเล่น เครื่องช่วยการศึกษา และใช้งานจริง ซึ่งถ้าเป็นเครื่องพีซีก็จะหนักไปทางใช้งานจริงกับการศึกษา ถ้าเป็นโฮมก็จะหนักไปทางเครื่องเล่นกับการศึกษา

ทำให้คุณลักษณะของเครื่องแตกต่างกันคือ เครื่องพีซีต้องการหน่วยความจำหลัก (RAM) และหน่วยความจำภายนอก (ดิสค์ไดรฟ์หรือเทป) ขนาดใหญ่ ความต้องการทางด้านจอภาพสีโดยทั่วไปต่ำ แต่โฮมคอมพิวเตอร์มีความต้องการทางด้านจอภาพสีสูง เพื่อแสดงภาพกราฟิกในแบบภาพเหมือน ส่วนหน่วยความจำไม่จำเป็นต้องใหญ่นัก

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งเครื่องพีซีต้องสนองตอบความต้องการเฉพาะงานหรือเฉพาะบุคคลในระดับสูงได้ แต่โฮมคอมพิวเตอร์เพียงแต่ให้สนองตอบความต้องการทั่ว ๆ ไปของทุกคนในครอบครัวได้เท่านั้น ตั้งแต่คุณพ่อถึงคุณลูก แต่ส่วนใหญ่จะเน้นทางด้านคุณลูก ตามคำขวัญที่ว่า "เด็กในวันนี้คือผู้ใหญ่ในวันหน้า" ครับ

ลักษณะของโฮมคอมพิวเตอร์

ดังที่กล่าวแล้วว่าโฮมคอมพิวเตอร์จะต้องตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของทุกคนในบ้านได้ โฮมคอมพิวเตอร์จึงมีลักษณะเป็นของใช้กึ่งของเล่น ผมคิดว่าผู้ออกแบบโฮมคอมพิวเตอร์คงจะคิดถึงเรื่องราวต่อไปนี้ ซึ่งได้กลายมาเป็นลักษณะเฉพาะของโฮมคอมพิวเตอร์ไป คือ

ราคา

จะต้องถูก ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ ทำให้ราคาเครื่องถูก (แต่ไม่ถูกนักสำหรับเงินบาท) และทำให้ใช้กับอุปกรณ์ภายในบ้านได้ จะเห็นว่าโฮมคอมพิวเตอร์ใช้จอภาพเป็นเครื่องรับทีวี(สี) และใช้เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์เป็นหน่วยความจำภายนอก (mass storage) ทำให้ตัดราคาขายไปได้มากกว่า 2 หมื่นบาท (ราคาเมื่อ 3-4 ปีที่แล้วเดี๋ยวนี้ถูกลงครับ)

เกม

จะต้องให้เป็นเครื่องเล่นเกมได้ด้วย ซึ่งเพื่อความสะดวกและป้องกันการก๊อบปี้ได้บ้าง ตัวโปรแกรมเกม(รวมทั้งโปรแกรมการศึกษาด้วย) ควรเป็นแบบตลับ เสียบเข้ากับเครื่องเมื่อต้องการรัน จึงกลายเป็นเอกลักษณ์อันหนึ่งของโฮมคอมพิวเตอร์

ภาษาประจำเครื่อง

เพื่อตอบสนองความต้องการของเด็กโตและผู้ใหญ่ ที่ต้องการเขียนโปรแกรมเอง ซึ่งผมคิดว่าในขั้นแรกเขาคงมองไปที่โปรแกรมเกม ต่อมาคงเป็นโปรแกรมเครื่องช่วยการเรียนการสอน จึงต้องทำให้ผู้ใช้สามารถป้อน และรันโปรแกรมได้

ผมคิดว่าเขาคงต้องคิดอย่างหนัก เพราะ ภาษาที่จะให้ผู้ใช้เขียนโปรแกรมได้ง่าย ๆ ต้องเป็นภาษาในระดับสูง หมายความว่า จะต้องมีคีย์บอร์ดแบบพิมพ์ดีด ทำให้ต้นทุนการผลิตต้องสูงขึ้นอีก

สำหรับภาษาคงไม่ต้องคิดมาก ภาษาที่เหมาะคือเบสิก เพราะสามารถติดตั้งประจำเครื่องได้ และเป็นภาษาที่ง่ายสำหรับผู้เริ่มศึกษาภาษาคอมพิวเตอร์ ใช้งานได้กว้างขวางพอสมควร ให้คุณลูกเขียนโปรแกรมเกมก็ได้ เขียนโปรแกรมเครื่องช่วยการเรียนการสอนก็ได้ ให้คุณพ่อเขียนโปรแกรมด้านธุรกิจเล็ก ๆ น้อย ๆ ก็ได้ (เพราะการเก็บข้อมูลลงเทปคาสเซ็ตต์ไม่เหมาะอย่างยิ่งสำหรับข้อมูลมาก ๆ ที่ต้องการความถูกต้องสูง)

ในที่สุดผู้ออกแบบก็ตัดสินใจให้มีภาษาประจำเครื่องโดยใช้ภาษาเบสิก ทำให้โฮมคอมพิวเตอร์คงเป็นโฮมคอมพิวเตอร์อยู่ได้ ไม่ใช่เครื่องเล่นเกมที่มีแต่เกิดกับตายอยู่ได้ไม่นาน

กราฟิก

กราฟิกของโฮมคอมพิวเตอร์จะต้องมีความสามารถสูงกว่าของเครื่องพีซี ซึ่งบนเครื่องพีซีเพียงแต่ลากเส้นตรงเส้นโค้งได้ก็เรียกว่าเป็นกราฟิกแล้ว แต่สำหรับโฮมคอมพิวเตอร์ต้องแสดงภาพกราฟิกได้ดังภาพยนตร์การ์ตูนคือมีฉากหลัง มีตัวละครที่เคลื่อนไหวได้ มีการบังกันเองและบังฉากหลัง ซึ่งภาพเช่นนี้สร้างได้ยากมากบนเครื่องพีซี แต่กลายเป็นของธรรมดาบนเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์

ทั้งนี้ผมก็ขอทำความเข้าใจกับคุณครูซึ่งคิดจะนำเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์ไปทำเป็นเครื่องช่วยการสอนด้วยครับ คือ หากเป็นภาพกราฟิกธรรมดาหรือที่มีการเคลื่อนไหวแต่ไม่บังกัน จะสร้างบนเครื่องพีซี (รวมทั้งแอปเปิ้ลทูด้วย)

หรือบนโฮมคอมพิวเตอร์ มีความยากง่ายพอ ๆ กันครับ แต่โฮมคอมพิวเตอร์ที่ขายในบ้านเราใช้ระบบ PAL จึงสามารถอัดลงวิดีโอเทปได้ด้วย

การขยายระบบ

คงจะเป็นเพราะเพื่อเอาใจคุณพ่อ (รวมคุณแม่ด้วยครับ) ผู้ออกแบบจึงได้เตรียมการใช้สำหรับให้ต่อกับฟลอปปี้ดิสค์ไดรฟ์ได้ด้วย ซึ่งทำให้สามารถใช้ซอฟต์แวร์ได้มากขึ้น เช่น ภาษาปาสคาล ภาษาซี ดีเบสทู มัลติแพลน เวิร์ดสตาร์ ฯลฯ คือ ซอฟต์แวร์ที่อยู่บน CP/M-80 ทั้งหลาย

มาตราฐานของ MSX

โดยที่โฮมคอมพิวเตอร์มีหลายแบบ บางแบบอาจจะทำงานไม่ได้เท่าที่ผมกล่าวมา ผมจึงขอนำมาตรฐานของ MSX มากล่าวถึง ซึ่งเครื่องของญี่ปุ่นไม่ว่าจะผลิตจากบริษัทใด หากติดตรามาตรฐาน MSX ก็จะมีคุณสมบัติเหมือนกันหมด โดยที่ผู้ออกแบบได้กำหนดอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่องไว้ดังนี้

1. ซีพียูใช้ Z80-A
2. อุปกรณ์ควบคุมจอภาพ (VDP: Video Display Processor) ใช้ TMS-9129 สำหรับจอภาพในระบบ PAL หรือ TMS-9118 สำหรับจอภาพในระบบ NTSC หรือเบอร์อื่นที่เทียบเท่าของ Texas Instruments
3. อุปกรณ์ภาคเสียง (PSG:Programmable Sound Generator) ใช้ AY-3-8910 ของ General Instruments
4. พอร์ต (PPI:Programmable Peripheral Interface) ใช้ 8255A ของ Intel
5. ROM ขนาด 32 กิโลไบต์ เพื่อเก็บ BIOS และโปรแกรมตัวแปลภาษาเบสิก
6. RAM อย่างน้อย 8 กิโลไบต์

สำหรับอุปกรณ์หลักของเครื่องมีเท่านี้ ซึ่งผมจะได้กล่าวในแต่ละเรื่องต่อไป

รูปร่างภายนอก

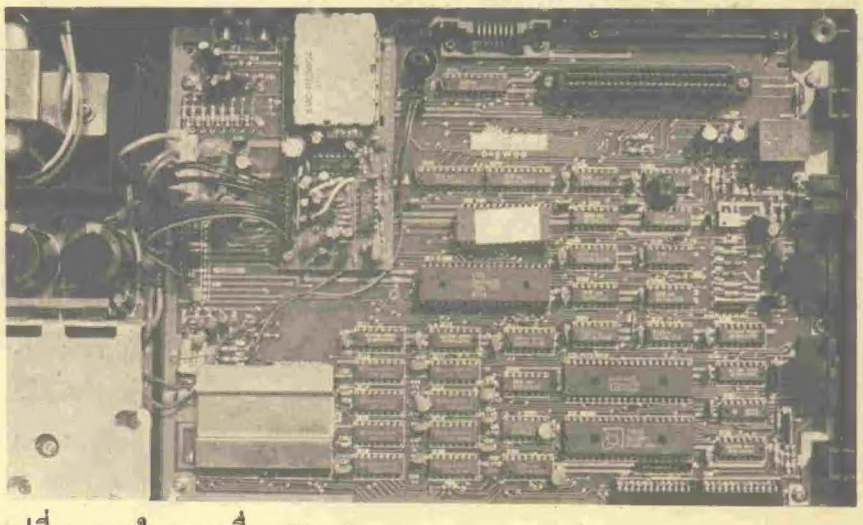
ได้แสดงเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์ MSX ไว้ในรูปที่ 1 เป็นเครื่องของ Wandy (ทำในเกาหลีแต่ใช้มาตรฐาน MSX ทุกประการ) ซึ่งเป็นตัวเครื่องโดด ๆ ที่ยังไม่ได้ต่อกับทีวีเพื่อใช้เป็นจอภาพ ขอให้สังเกตว่าได้เสียบตลับเกมไว้ด้วย ระบบนี้เรียกได้ว่าเป็นระบบที่เล็กที่สุด สามารถเล่นเกมได้ สามารถป้อนโปรแกรมภาษาเบสิกและรันได้ แต่ต้องเพิ่มอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งจึงจะสมบูรณ์คือ เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์เพื่อเก็บโปรแกรมที่เราเขียนไว้รันในโอกาสต่อไป

สำหรับเครื่องเล่นเทปมีผู้สงสัยว่าจะต้องใช้อย่างดีไหม ไม่ต้องครับทั้งตัวเครื่องและม้วนเทป ขนาดที่ใช้สำหรับการเรียนภาษา คือ เสียงไม่อู้อี้ก็พอ

ขอนำอุปกรณ์ภายนอกที่จะต่อเข้ากับเครื่องเป็นชุดพื้นฐานมารวมกล่าวอีกครั้งหนึ่งดังนี้

- เครื่องรับทีวีสีขนาดใดก็ได้ ที่เหมาะคือขนาด 12 ถึง 14 นิ้ว ที่รับสัญญาณ UHF ได้ (ทีวีสีในบ้านเราระยะหลังนี้เป็นเครื่องแบบนี้)
- เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์ที่อัดได้เล่นได้

รูปที่ 1 Wandy โฮมคอมพิวเตอร์ มาตรฐาน MSX



รูปที่ 2 ภายในของเครื่อง Wandy

- จอยสติ๊ก 1 หรือ2 ตัว
- ตลับเกมหรือแบบเรียนแล้วแต่จะเลือกจำนวนตามต้องการ

อุปกรณ์สำหรับการขยายระบบที่สามารถต่อได้ทันทีคือ

- ฟลอปปี้ดิสค์ไดร์ฟ (ซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์ในการควบคุมดิสค์ไดรฟ์ด้วย)
- เครื่องพิมพ์

สำหรับอุปกรณ์พิเศษเพื่อใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น โทรศัพท์ กล้องถ่ายรูป เครื่องดนตรี ขอให้ติดต่อกับผู้ขายครับ

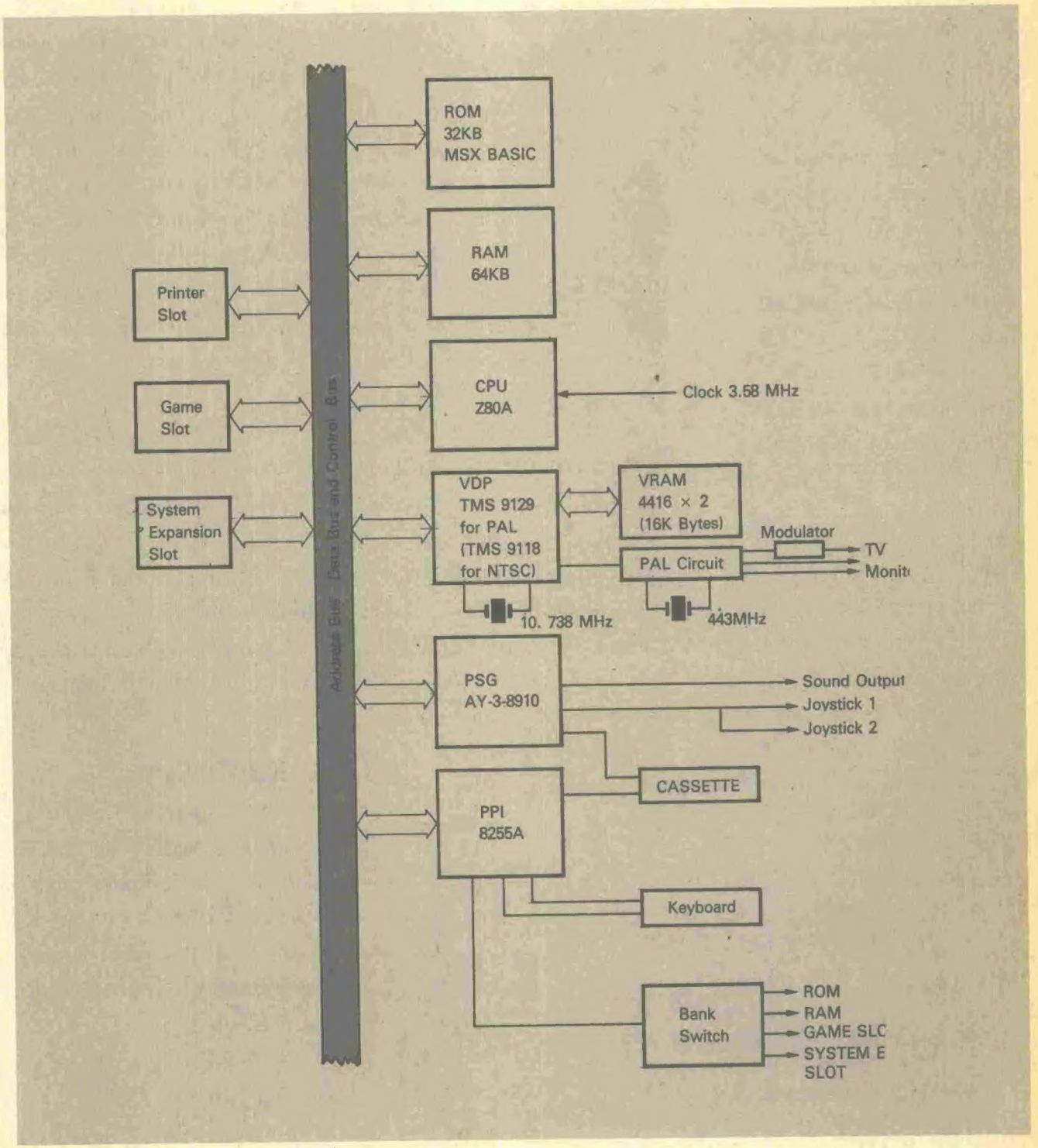
ภายในของเครื่อง

Wandy

หน้าตาภายในของเครื่อง Wandy ดังแสดงในรูปที่ 2 และผมได้นำบล็อกไดอะแกรมมาแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งผมจะขอกล่าวถึงเรื่องราวของอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้โดยทั่วไปก่อน สำหรับอุปกรณ์ที่มีเรื่องจะกล่าวถึงมากคือ CPU และ VDP จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

ROM

ตามมาตรฐานของ MSX จะต้องมีหน่วยความจำ ROM 32 กิโลไบต์



รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่อง Wandy

เพื่อเก็บโปรแกรม BIOS หรือ MON สุดแล้วแต่จะเรียก กับโปรแกรมตัวแปลภาษาเบสิก สำหรับ BIOS จะดำเนินการเกี่ยวกับคีย์บอร์ด จอภาพ เทปคาสเซ็ตต์และจอยสติ๊ก ขอให้สังเกตดรงไอซี 8255 ด้วยว่า ได้ให้ Z80 สแกนคีย์บอร์ดด้วยตนเอง ต่างกับแอปเปิ้ลทูและเครื่องพีซีที่มีโปรเซสเซอร์ตัวอื่นดำเนินการให้ ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และไม่มีความจำเป็นใดในการใช้โปรเซสเซอร์ตัวอื่น

RAM

ตามมาตรฐานกำหนดไว้อย่างน้อย 8 กิโลไบต์ แต่บนเครื่อง Wandy มีถึง 64 กิโลไบต์ ทำให้สามารถป้อนโปรแกรมขนาดใหญ่ได้ บางท่านอาจสงสัยว่าในเมื่อ Z80 อ้างถึงหน่วยความจำได้เพียง 64 กิโลไบต์ จะอ้างถึงหน่วยความจำที่เกินไปนี้ได้อย่างไร เรื่องนี้ไม่ใช่เรื่องยากครับทาง Wandy ทำโดยแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วน ๆ ส่วนละ 16 กิโลไบต์ แล้วใช้ O/P พอร์ตในการเลือกหน่วยความจำแต่ละส่วน

VDP

ผมขอผ่านซีพียูไปก่อน สำหรับ VDP หรือ Video Display Processor ทำหน้าที่ควบคุมจอภาพ ซึ่งผมจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง ตอนนี้ขอให้สังเกตว่า VRAM (Video RAM) ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของหน่วยความจำหลัก จะเห็นได้จากการที่ไม่ได้ต่อ VRAM เข้ากับระบบบัสของซีพียู

สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ VDP มีความถี่เป็น 10.738 MHz สัญญาณนาฬิกานี้เองที่หาร 3 แล้วนำไปเป็นสัญญาณนาฬิกาของซีพียู ส่วนสัญญาณนาฬิกาของระบบ PAL มีต่างหากความถี่ 443 MHz ซึ่งอยู่ในย่าน UHF

PSG

อุปกรณ์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือ PSG คือ Programmable Sound Generator นับเป็นความชาญฉลาดของผู้ออกแบบที่เลือกอุปกรณ์ตัวนี้มาใช้ เพราะเมื่อโปรแกรมคือป้อนข้อมูลที่เป็นโน้ตเพลงให้แก่มันแล้ว PSG จะดำเนินการเอง ทำให้ซีพียูสามารถไปทำงานอื่นได้ เช่น วาดภาพ ในขณะที่มีเสียงเพลงจาก PSG บังเอิญผมไม่มีคู่มือละเอียดจึงไม่ทราบว่าจะป้อนโน้ตได้กี่ตัว

สำหรับการสร้างเสียงนี้สามารถกำหนด โทน ความดัง และ Envelope ให้เหมือนเครื่องดนตรีแต่ละชิ้นได้ เช่น เป็นเปียโน เป็นไวโอลิน เป็นต้น (ต่างกับบนเครื่องพีซีที่เป็นเสียงเดี่ยว) และสามารถกำหนดเป็นเครื่องดนตรีได้ถึง 3 ชิ้นในเวลาเดียวกัน จะให้เสียงที่เป็นธรรมชาติมากกว่าบนเครื่องพีซีครับ เสียดายที่ระดับของเสียงมีเพียง 16 ระดับ ถ้าเป็น 256 ระดับจะดีกว่านี้ ได้ให้ตัวอย่างโปรแกรมเพลงในภาษาเบสิกไว้ในรูปที่ 4

นอกจากนี้ใน PSG ยังมีพอร์ตอีก 2 พอร์ต (ผู้ที่สนใจทางด้านฮาร์ดแวร์ควรรับไว้พิจารณาด้วยครับ) ซึ่งทางเครื่อง Wandy ใช้กับจอยสติ๊ก 2 ตัว มีเหลืออยู่ 1 บิตให้เป็น I/P ของเทปคาสเซ็ตต์

PPI

เนื่องจากต้องติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกมากมายผู้ออกแบบจึงได้ใช้ 8255 (PPI : Programmable Peripheral Interface) ซึ่งมีพอร์ตอยู่ 3 พอร์ตอีก 1 ตัว โดยใช้พอร์ต B ทั้งพอร์ต และพอร์ต C อีกครึ่งพอร์ต ในการตรวจจับการกดคีย์ (72 คีย์) พอร์ต C อีกครึ่งพอร์ตดำเนินการกับเทปคาสเซ็ตต์ 2 บิต ทำเสียงคลิ๊ก 1 บิต และขับ LED เมื่อกด CAP LOCK อีก 1 บิต

สำหรับพอร์ต A ทั้งพอร์ตใช้ในการควบคุมหน่วยความจำซึ่งสามารถขยายได้ถึง 256 กิโลไบต์ และงานเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเพิ่ม 74-LS374 อีก 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเพื่อติดต่อกับพรินเตอร์

อุปกรณ์สำคัญในเครื่อง Wandy มีเพียงเท่านี้ นอกนั้นก็เป็นไอซีเบ็ดเตล็ด

แปดกับสิบหก

บางท่านอาจสงสัยว่าทำไมโฮมคอมพิวเตอร์ MSX จึงใช้ Z80 เป็นซีพียู คำตอบที่ง่ายที่สุดคือ การออกแบบเครื่องนี้กระทำเมื่อประมาณ พ.ศ. 2525 ซึ่งเป็นยุคของซีพียูขนาดแปดบิตต่อสิบหกบิต ซีพียูที่แพร่หลายในขณะนั้นได้แก่

6502 เป็นซีพียู 8 บิต
Z80 เป็นซีพียู 8 บิต +
6809 เป็นซีพียู 8 บิต ++
8088 เป็นซีพียู 8 บิต +++

เพลงที่ 1

```
10 PLAY "E2D8C8E8D8","RCRC","RCRC"
20 PLAY "CO5C 04A805C","04A805C","RFRF","RCCR"
30 PLAY"04G2E2","RERA","RCRC"
40 PLAY"D2.R","RBRB","RFRF"
```

รูปที่ 4 โปรแกรมเพลงในภาษาเบสิก

ที่ผมให้ 6502 เป็นซีพียู 8 บิต ธรรมดา เพราะ 6502 เป็นซีพียูขนาด 8 บิตโดยแท้ นอกจากโปรแกรมเคาน์เตอร์แล้วไม่มีส่วนใดเลยที่เป็น 16 บิต ส่วน Z80 ผมให้เป็น 8 บิตกับ 1 บวกเพราะ Z80 มีขาดาต้า 8 ขา คือ 8 บิต แต่มีการดำเนินกรรมวิธีภายในบางส่วนเป็น 16 บิต

คุณคงแปลกใจที่ผมนับเนื้อง 8088 เข้าพวก 8 บิต ทั้งที่โดยทั่วไปจัดเข้าพวก 16 บิต ทั้งนี้เพราะทั้ง 8088 และ 6809 มีขาดาต้า 8 ขา คือ 8 บิต และทั้งสองตัวนี้ดำเนินกรรมวิธีภายใน ในแบบ 16 บิต คือมีความสามารถเท่า ๆ กัน แต่ที่ให้ 8088 มี 3 บวก เพราะสามารถอ้างแอดเดรสได้ถึง 1 เมกะไบต์

หากคุณออกแบบเครื่องนี้จะเลือกเบอร์ไหนครับ ในเมื่อ 6502 กับ Z80 ราคาเท่า ๆ กัน ส่วน 6809 แพงกว่าเป็น 3 เท่า 8088 แพงกว่ากันกว่าสิบเท่า (ถ้าผมจำไม่ผิด) ข้อสำคัญคือตอนนั้นญี่ปุ่นผลิต Z80 เองแล้ว และที่สำคัญยิ่งขึ้นไปอีกคือ CP/M-80 กำลังโด่งดังอยู่บนเครื่องแอปเปิ้ลที่มีการ์ด Z80 และมีซอฟต์แวร์บนระบบจัดการ CP/M มากมาย หากผลิตเครื่องให้ใช้กับระบบจัดการ CP/M ได้ ก็จะมีซอฟต์แวร์ให้ใช้มากมาย

ผมคิดว่าญี่ปุ่นคงคิดเช่นนี้จึงได้เลือกใช้ Z80 เป็นซีพียู และความจริงแล้วการทำงานกับข้อมูลทีละอักขระทีละไบต์ ซึ่งเป็นงานหลักของพีซีและโฮมคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง 8 บิต หรือ 16 บิต ทำได้พอ ๆ กันครับ จะเห็นว่าเครื่องพีซีทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 4.7 MHz ไม่ได้เร็วไปกว่าเครื่องแอปเปิ้ลทู 1 MHz เท่าใด

VDP หัวใจที่สอง

โดยทั่วไปถือกันว่า CPU เป็นหัวใจของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่สำหรับโฮมคอมพิวเตอร์แล้ว ผมว่า VDP เป็นหัวใจของเครื่องด้วย เพราะทำให้ CPU สามารถแสดงภาพกราฟิกในแบบการ์ตูนได้โดยสะดวก

เมื่อผมกล่าวถึง 6845 ซึ่งเป็น CRT Controller ได้เคยกล่าวว่า 6845 ยังไม่เป็นอุปกรณ์ในระบบคอมพิวเตอร์อย่างแท้จริง ความหมายของคำว่าแท้จริงของผมคือ อุปกรณ์นั้นต้องติดต่อกับซีพียูในฐานะพอร์ต (Port หรือ Peripheral Interface) อย่างเช่น TMS-9129 ซึ่งใช้ควบคุมจอภาพอยู่ในโฮมคอมพิวเตอร์ MSX จึงจะกล่าวในรายละเอียดให้มากพอสมควรครับ

การควบคุมจอภาพ

ความจริง VDP เป็นวงจรควบคุมจอภาพ (CRT Controller) ตัวหนึ่งที่เรียกชื่อให้แตกต่างกันคงเป็นเพราะต้องการเน้นให้เห็นความแตกต่างเพราะ TMS-9129 ไม่ได้ควบคุมจอภาพในแบบของ 6845 ซึ่งในแบบของ 6845 นั้นเราจะมองมันเหมือนเป็นตัวนับตัวหนึ่ง ในการให้แอดเดรสแก่ VRAM เพื่อไปขับคาแรกเตอร์เยนฯ อีกทอดหนึ่ง

แต่ในระบบของ VDP ไม่มีคาแรกเตอร์เยนฯ คืออาจกล่าวได้ว่าเท็กซ์โหมดกับกราฟิกโหมดเป็นเรื่องเดียวกัน การทำงานของ VDP จะเป็นในลักษณะ อ่านข้อมูลจาก VRAM มาสร้างเป็นภาพรวมทั้งสีด้วยส่งออกจอภาพ และให้สัญญาณในการควบคุมจอภาพ เช่น Vertical และ horizontal synchronous

สำหรับ TMS-9129 สามารถสร้างจุดภาพได้ 256 จุดภาพต่อ 1 สแกนไลน์ และ 192 ไลน์ต่อ 1 จอภาพ ซึ่งนับว่าเป็นกราฟิกอย่างเหมาะสมสำหรับจอภาพที่เป็นทีวีสี สามารถสร้างสีได้ 16 สีรวมทั้งที่เป็นพื้นจอภาพ และมีวงจรสำหรับรีเฟรชไดมามิกแรมที่ใช้เป็น VRAM ด้วย

โหมดการแสดงภาพ

การแสดงภาพของ TMS-9129 (ซึ่งยังไม่เกี่ยวกับการซ้อนภาพ) ทำโดยแบ่งจอภาพออกเป็นช่องเล็ก ๆ ขนาด 8×8 หรือ 6×8 หรือ 4×4 จุดภาพ แล้วแต่โหมด ซึ่งถ้าให้แสดงในแบบ 8×8 จุดภาพ ก็จะได้ 256÷8 = 32 คอลัมน์ และ 192÷8 = 24 โรว์ คือ 32×24 = 768 ช่องหรือแพตเทิร์น (pattern) ต่อจอภาพ โดยมีโหมดของการแสดงภาพดังนี้

- Graphics I แสดงในแบบ 8×8 คือ 32 คอลัมน์ 24 โรว์ ให้สีได้ช่องละ 2 สี
- Graphics II แสดงแบบเดียวกับ Graphics I แต่สามารถให้สีได้ทุกไลน์ในแต่ละช่อง
- Multicolor แสดงในแบบ 4×4 คือ 64 คอลัมน์ 48 โรว์ ให้สีได้ช่องละ 1 สี แต่ความจริงแล้วโหมดนี้เป็นกราฟิกอย่างหยาบ คือ ถือว่าช่องหนึ่ง ๆ คือจุดภาพหนึ่ง ๆ
- Text แสดงในแบบ 6×8 คือ 40 คอลัมน์ 24 โรว์ จุดประสงค์สำหรับการแสดงภาพตัวอักษรเท่านั้น

การแสดงภาพพื้น

ดังได้กล่าวแล้วว่า VDP จะนำข้อมูลจาก VRAM มาทำเป็นภาพ ซึ่งข้อมูลนี้ CPU จะต้องเป็นผู้นำมาให้แต่ VRAM ไม่ได้อยู่ในระบบบัสของ CPU ดังนั้น CPU จะทำได้โดยให้ค่าผ่าน VDP คือเอาต์พุตให้แก่ VDP แล้ว VDP นำไปให้แก่ VRAM อีกทอดหนึ่ง โดยกำหนดให้ 2 ไบต์แรกเป็นแอดเดรสต้น ไบต์ต่อ ๆ ไปเป็นข้อมูลที่จะให้แก่ VRAM โดยที่รีจิสเตอร์ใน VRAM จะเพิ่มหนึ่งโดยอัตโนมัติเมื่อได้รับข้อมูลแต่ละไบต์

แอดเดรสที่กล่าวมานี้เป็นแอดเดรสของ VRAM ซึ่งสัมพันธ์กับ VDP

คือเริ่มจากศูนย์ใหม่ แต่การกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นที่เรียกว่าเบสแอดเดรส (base address) นี้ ผู้เขียนโปรแกรมจะกำหนดที่แอดเดรสใดก็ได้ และยังแบ่งตามแบบของข้อมูลคือ

Name table ใช้ข้อมูลหน่วยละ 1 ไบต์ ซึ่งจะได้เป็นรหัส 256 แบบ เรียกว่า Pattern number 0 ถึง 255 จำนวนทั้งหมด 768 ไบต์เพื่อให้เต็มจอภาพ

Pattern table เป็นข้อมูลของแพตเทิร์นที่จะแสดงภาพใน 1 ช่อง คือ 8×8 จุดภาพ หน่วยหนึ่งจึงต้องการหน่วยความจำ 8 ไบต์ การกำหนดแพตเทิร์นจะให้มีกี่รูปแบบขึ้นอยู่กับผู้เขียนโปรแกรม แต่จะมีได้ไม่เกิน 256 รูปแบบ (ตาม Pattern number) จึงต้องการหน่วยความจำ 8 × 256 = 2 กิโลไบต์

จากข้อมูลทั้งสองแบบนี้พอจะอธิบายการแสดงภาพของ VDP ได้บ้าง คือ เทียบ Name table ได้กับส่วนที่เป็นวิดีโอแรมในวงจร CRTC ที่ใช้ 6845 ส่วน Pattern table คือ คาแรกเตอร์เยนฯ เช่นเราทำแพตเทิร์นเป็นรูปอักษร A และให้เป็นแพตเทิร์นที่ 65 ใน Pattern table ส่วนที่ไบต์แรกของ Name table ให้ค่ารหัส 65 ไว้ ก็จะปรากฏภาพอักษร A ที่มุมบนซ้ายของจอภาพ

แต่การแสดงภาพกราฟิกเราไม่ได้ทำเป็นภาพอักษร หากทำเป็นภาพตามที่ต้องการ ถ้าต้องการภาพขนาดใหญ่กว่า 1 ช่อง ก็นำหลายช่องมาต่อกัน

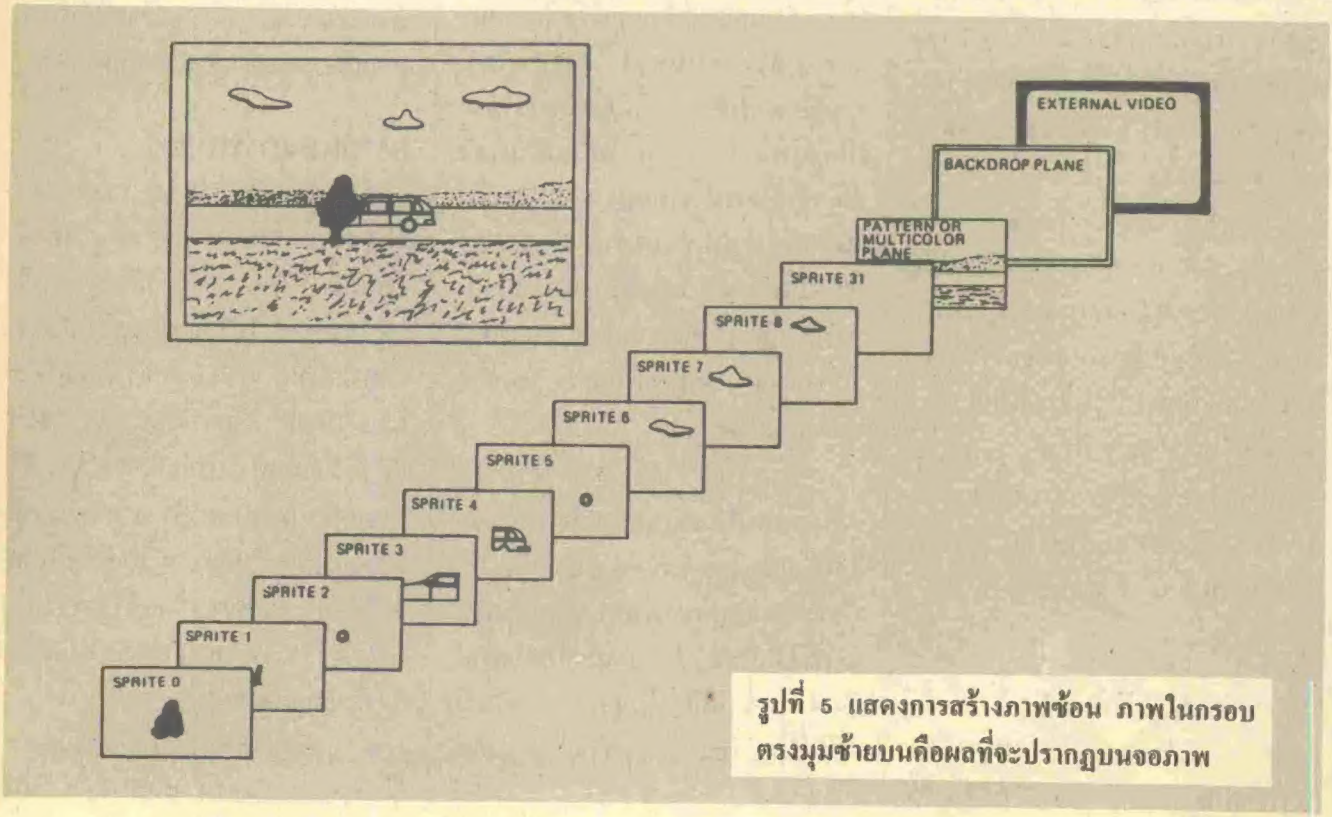
Color table เพื่อให้เกิดเป็นภาพสีบนจอภาพ ซึ่งแสดงได้ 16 สี จึงใช้หน่วยความจำ 4 บิต ในการกำหนดสี 1 สี ในไบต์หนึ่งจึงกำหนดได้ 2 สี เช่น แดง-เหลือง ใน Graphics I ได้กำหนดไว้ว่า ถ้าค่าในแพตเทิร์น เป็น 1 ให้เลือกสี่บิตสูงคือแดง ถ้าเป็น 0 ให้เลือกสี่บิตต่ำคือเหลือง

แต่ใน Color table ได้กำหนดหน่วยความจำไว้เพียง 32 ไบต์เท่านั้น และยังกำหนดให้สัมพันธ์กับ Pattern number อีกคือ ไบต์แรกของตารางนี้จะเป็นสีของ Pattern number 0 ถึง 7 และต่อ ๆ ไปซึ่งไบต์สุดท้ายจะเป็นสีของ Pattern number 248 ถึง 255 ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดในการวาดภาพอยู่บ้างแต่ไม่เป็นปัญหา

ภาพซ้อน

เท่าที่กล่าวมานี้เป็นการสร้างภาพในแบบภาพพื้น ซึ่งไม่มีการเคลื่อนไหว คือเป็นการสร้างภาพกราฟิกทั่ว ๆ ไป และเป็นภาพฉากหลังเมื่อมีการสร้างภาพซ้อน เช่น เป็นภาพภูมิประเทศแล้วสร้างภาพซ้อนเป็นรูปเป็ดกำลังเดิน

การสร้างภาพซ้อนเทียบได้กับการเขียนภาพบนแผ่นใสแล้วนำไปซ้อนทับกันโดยซ้อนทับอยู่บนฉากหลัง (ตามที่กล่าวมา) อีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5 ฉากหลังคือที่เขียนไว้ว่า Pattern or multicolor plane ซึ่งจะมีพื้นของฉากหลังเป็น Backdrop plane อีกชั้นหนึ่ง เช่น เราอาจจะวาดภาพฉากบนพื้นสีฟ้า เขียว เหลือง ตามใจชอบ ส่วน External video จะเป็นภาพจากสัญญาณภาพภายนอกเช่นจากกล้องวิดีโอ



รูปที่ 5 แสดงการสร้างภาพซ้อน ภาพในกรอบตรงมุมซ้ายบนคือผลที่จะปรากฏบนจอภาพ

ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพที่จะซ้อนทับกัน จะวาดอยู่บนแผ่นใสคือ เทมเพลต (template) ที่ในรูปเขียนไว้ว่าสไปรต์ (sprite) แต่ความจริงสไปรต์คือส่วนของภาพที่อยู่บนเทมเพลตโดยกำหนดไว้ว่า เทมเพลตหนึ่ง ๆ จะมีได้เพียง 1 สไปรต์เท่านั้น ขนาดของสไปรต์กำหนดให้มีเพียง 3 ขนาดคือ 8×8, 16×16 และ 32×32 จุดภาพ จะเห็นว่าต้องแบ่งภาพรถยนต์ออกเป็น 4 สไปรต์ และภาพต้นไม้ 2 สไปรต์ (แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการให้สีด้วย เพราะสไปรต์หนึ่งๆแสดงสีได้เพียงสีเดียวบนพื้นใส)

จำนวนเทมเพลตทั้งหมดใช้ได้ไม่เกิน 32 เทมเพลต ตั้งแต่เทมเพลต 0 ถึง 31 โดยมีหลักการว่าสไปรต์ที่อยู่บนเทมเพลตหมายเลขต่ำ คือด้านหน้า จะบังสไปรต์ที่อยู่บนเทมเพลตหมายเลขสูง คือด้านหลัง จะเห็นว่าต้นไม้บังรถยนต์และรถยนต์บังภาพวิวด้านหลังซึ่งเป็นฉากหลังอยู่ เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปการบังกันก็จะเปลี่ยนไปเหมือนของจริง

การบังกันนี้ในไลน์หนึ่งๆ (ใน 192 ไลน์) จะบังกันเกิน 4 ภาพไม่ได้ ภาพที่ 5 คือภาพหลังสุดและต่อ ๆ ไปจะถูกยกเลิกความจริงแล้วภาพผลที่เกิดขึ้นในรูปที่ 5 ผิดความจริงเพราะว่า ในสไปรต์หนึ่ง ๆ นั้นเราจะเลือกสีได้เพียงสีเดียวบนพื้นใส ดังนั้นตรงช่องกระจกที่ไม่ใช่สีเดียวกับตัวรถจะต้องเป็นพื้นใส นั่นคือจะต้องเห็นวิวด้านหลังตรงกระจก

การสร้างภาพซ้อน

คล้ายกับการสร้างภาพพื้นที่กล่าวมา คือ ซีพียูจะต้องให้แพตเทิร์นของภาพแก่ VRAM ผ่านทาง VDP โดยให้เบสแอดเดรสตามด้วยข้อมูล ตามแบบของข้อมูล คือ

Sprite attribute table ในการสร้างภาพซ้อนเราจะต้องกำหนดว่าจะให้ภาพในสไปรต์ปรากฏตรงส่วนไหนของ

จอภาพ โดยให้บอกตำแหน่งมุมบนซ้ายของสไปรต์เป็นค่าโรว์ (0-191 ซึ่งโรว์ในที่นี้หมายถึง line ตามที่กล่าวมา) และค่าคอลัมน์ (0 ถึง 255 คือไม่ใช่ค่าคอลัมน์ตามที่กล่าวมา) ใช้หน่วยความจำ 2 ไบต์ กับต้องบอกชื่อคือรหัสของสไปรต์ใช้หน่วยความจำ 1 ไบต์ และต้องบอกสีใช้หน่วยความจำ 4 บิตแต่ใช้จริง 1 ไบต์ ดังนั้น การกำหนดสไปรต์หนึ่ง ๆ จะต้องใช้หน่วยความจำ 4 ไบต์ทั้งหมด 32 สไปรต์ ใช้หน่วยความจำ 128 ไบต์ โดยที่ค่าของสไปรต์ 0 จะอยู่ที่ต้นเบสแอดเดรสของตารางสไปรต์และคือเทมเพลต 0

Sprite pattern table เช่นเดียวกับที่กล่าวในการแสดงภาพพื้น เป็นแพตเทิร์นสำหรับสร้างภาพในแบบ 8×8 จุดภาพจึงใช้หน่วยความจำ 8 ไบต์ ต่อ 1 แพตเทิร์นสามารถสร้างได้ไม่เกิน 256 แพตเทิร์นตามรหัสของสไปรต์

ตามที่กล่าวว่าสไปรต์มี 3 ขนาด คือ 8×8, 16×16 และ 32×32 จุดภาพนั้น ความจริงแบ่งได้เป็น 4 โหมดคือ

- โหมด 0 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 1 จุดภาพ ตรงตัว
- โหมด 1 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 2×2 จุดภาพ จึงได้ภาพขนาด 16×16 จุดภาพ
- โหมด 2 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 1 จุดภาพ แต่ใช้หน่วยความจำ 4 แพตเทิร์น จึงได้ภาพขนาด 16×16 จุดภาพ
- โหมด 3 แสดงภาพ 1 บิต ต่อ 2×2 จุดภาพโดยใช้หน่วยความจำ 4 แพตเทิร์น จึงได้ภาพขนาด 32×32 จุดภาพ

จะเห็นว่าสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวกและการเปลี่ยนภาพบนเทมเพลตก็ทำได้โดยง่าย เพราะเพียงแต่เปลี่ยนชื่อรหัสของสไปรต์ภาพก็เปลี่ยนไป การเคลื่อนไหวก็เพียงแต่เปลี่ยนค่าโรว์และคอลัมน์ และทำได้อย่างนิ่มนวลเพราะเปลี่ยนได้ละเอียดเป็นจุดภาพ

การสร้างภาพที่ผมกล่าวมานี้เป็นการสร้างภาพใน Graphics I สำหรับโหมดอื่นก็คล้าย ๆ กัน เว้นแต่ใน Text mode จะแสดงภาพซ้อนไม่ได้ และเลือกสีได้เพียง 2 สี คือ สีตัวอักษรและสีพื้น (โหมดการแสดงภาพที่กล่าวนี้เป็นไปตามคู่มือไอซีไม่ตรงกับที่กล่าวในคู่มือภาษาเบสิกของเครื่อง)

ประโยชน์ใช้สอย

ทางด้านฮาร์ดแวร์เท่าที่กล่าวมานี้ ผมคิดว่าคงจะพอทำให้มองเห็นภาพกว้าง ๆ ของโฮมคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับการนำมาใช้สอยนั้นได้กล่าวมาบ้างแล้ว แต่เห็นว่าควรจะนำมากล่าวรวมกันอีกครั้งเพื่อสะดวกแก่การค้นหา จากที่กล่าวแล้วว่าโฮมคอมพิวเตอร์นั้นสำหรับทุกคนในบ้าน แต่ส่วนใหญ่แล้วจะมุ่งไปที่เยาวชนตั้งแต่อนุบาลถึงมัธยม จึงเลยไปถึงคุณครูด้วย การใช้โฮมคอมพิวเตอร์ทั้งในบ้านและโรงเรียน คงจะเป็นดังนี้

เกม

บางท่านอาจเห็นว่าการเล่นเกมคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องไร้สาระ แต่นักการศึกษา (ในต่างประเทศ) ได้วิเคราะห์แล้วเห็นว่าเป็นเครื่องเล่นแบบประเทืองปัญญา จะฝึกเด็กให้เป็นคนช่างสังเกตและรู้จักวางแผน บางเกมเกี่ยวกับการคำนวณก็จะเป็นการเพิ่มทักษะในการคำนวณให้แก่เด็กทำให้ไม่กลัวตัวเลข และเป็นการก้าวไปสู่การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรม

ผมขอกล่าวไว้ก่อนว่าจุดประสงค์หลักในการให้เด็กเขียนโปรแกรม ไม่ใช่เพื่อให้เด็กรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ แต่อยู่ที่ต้องการฝึกให้เด็กมีความคิดริเริ่ม และสามารถนำจินตนาการของตนมาทำให้เป็นจริงได้ ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากแรงจูงใจจากการเล่นเกม นอกจากนี้ยังฝึกให้เด็กมีความละเอียดรอบคอบทำงานอย่างเป็นระเบียบ และรู้จักคิดอย่างเป็นขั้นตอน ภาษาคอมพิวเตอร์เป็นแค่เพียงเครื่องไม้เครื่องมืออันหนึ่งเท่านั้น

สร้างเครื่องช่วยการเรียนการสอน

นอกจากเขียนเกม เด็กโตอาจจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องช่วยการเรียนของตน ความจริงแล้วดำเนินการได้กับทุกวิชา แต่ที่นิยมทำกันคือในวิชาคำนวณ ภาษา และฟิสิกส์ บริษัทผู้จัดจำหน่ายบางแห่งสนับสนุนให้เยาวชนเขียนโปรแกรมทางการศึกษา ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยม (เด็กย่อมเข้าใจในเด็กครับ)

สำหรับคุณครูก็สามารถใช้เตรียมการสอนได้ ซึ่งอาจจะเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อนำไปรันในชั้นเรียน (ขอให้ดูบทความเกี่ยวกับเรื่องนี้ในไมโครฯ 36) หรือรันโปรแกรมของตนอัดลงวิดีโอเทปไปแสดงในชั้นเรียน แล้วแต่จุดประสงค์ในการสอน

ในทางตรงข้ามกัน คุณพ่อคุณแม่อาจจัดหาโปรแกรมการเรียนการสอนในวิชาที่ต้องการมาให้คุณลูกได้ฝึกฝนเปรียบเสมือนมีครูอยู่กับบ้าน

การใช้โฮมคอมพิวเตอร์ในหัวข้อนี้แหละครับที่เป็นเป้าหมายของการใช้โฮมคอมพิวเตอร์ และเป็นการใช้อย่างคุ้มค่าคุ้มราคา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ด้วยว่าจะใช้มันมากน้อยเพียงใด แต่ไม่ใช่ว่าจะต้องเคี่ยวเข็ญบุตรหลานของท่านให้นั่งจับเจ่าอยู่กับเครื่อง

ในงานธุรกิจ

หากติดตั้งฟลอปปี้ดิสค์ไดรฟ์ด้วยจะทำให้สามารถใช้ในงานธุรกิจได้พอสมควร คือพอๆกับเครื่องแอปเปิ้ลทู แต่เพราะการแสดงภาพอักขระได้เพียง 40 อักขระต่อบรรทัด จึงไม่เหมาะกับงานประเภทนี้นัก เนื่องจากราคาดิสค์ไดรฟ์แพงมาก (แพงกว่าเครื่อง) ในทัศนะของผมเห็นว่าไม่คุ้มค่า

สิ่งที่เป็นห่วง

ของทุกชนิดเมื่อมีข้อดีก็ย่อมมีข้อเสีย สิ่งที่ผมเป็นห่วงมี 2 ประการ ประการแรกคือการใช้โทรทัศน์สีเป็นจอภาพอาจเป็นอันตรายต่อสายตา อีกประการหนึ่งการที่เด็กเรียนภาษาเบสิกเป็นภาษาแรก อาจทำให้เกิดความเคยชินเป็นผลให้เรียนรู้ภาษาที่ต้องเขียนโปรแกรมเป็นโครงสร้างเช่น โลโก ปาสคาล ซี และภาษารุ่นใหม่อื่นๆ ได้ยาก

ในทัศนะของผมเห็นว่าหากเป็นไปได้ ควรเริ่มต้นเรียนเขียนโปรแกรมด้วยภาษาโลโกในชั้นประถม เพราะเป็นภาษาที่ง่ายแต่เป็นภาษาโครงสร้างและมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการสร้างภาพกราฟิก ในแบบภาพลายเส้น (อย่างที่ชอบเขียนกันตามข้างฝา)

แล้วเรียนภาษาเบสิกในชั้นมัธยมต้นเพื่อจะใช้เขียนโปรแกรมทั้งในด้านการคำนวณและกราฟิก หรืออาจเป็นโปรแกรมอื่นใดก็ได้ในวิชาที่เรียน ทั้งนี้เพราะมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นโครงสร้างมาแล้ว จะทำให้เขียนโปรแกรมในภาษาเบสิกอย่างเป็นโครงสร้างด้วย

เมื่อขึ้นมัธยมปลายควรเรียนเขียนโปรแกรมด้วยภาษาปาสคาลเพื่อเตรียมตัวสำหรับการออกไปประกอบอาชีพหรือเรียนต่อในระดับสูงต่อไป เพราะพร้อมที่จะเรียนรู้การเขียนโปรแกรมไม่ว่าในภาษาใด และใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปได้ทุกรูปแบบ

การจัดหา

หากคุณคิดว่าโฮมคอมพิวเตอร์เหมาะสำหรับคุณ (คือทุนทรัพย์จำกัด หรือความต้องการทางด้านกราฟิกแบบการ์ตูนสูง หรือต้องการแยกเด็กออกจากเครื่องที่คุณใช้เป็นประจำ) ต้องการจัดหา ผมคิดว่าไม่ควรซื้อจากร้านค้าทั่วไปเช่นตามห้างสรรพสินค้าหรือร้านขายของเด็กเล่น ควรจะซื้อจากร้านที่ประกอบอาชีพทางด้านนี้โดยตรง

เพราะบริการหลังการขายเป็นของสำคัญมาก บริการหลังการขายไม่ได้หมายถึงการซ่อมทำเท่านั้น แต่หมายถึงการบริการทางด้านซอฟต์แวร์และการให้คำแนะนำที่ถูกต้องอีกด้วย ยิ่งเป็นร้านที่สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ได้เองยิ่งดี โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ทางด้านการศึกษา

ก่อนจบ

การเขียนเรื่องนี้ผมมีจุดประสงค์อยู่ 2 ประการคือ เพื่อแนะนำเครื่องที่เรียกว่าโฮมคอมพิวเตอร์สำหรับท่านผู้อ่านทั่วไป อีกประการหนึ่งสำหรับผู้ที่สนใจทางด้านฮาร์ดแวร์ จะเห็นว่าเครื่องแบบนี้เราสามารถต่อเองได้ไม่ยากไปกว่าการต่อซิงเกิลบอร์ด (หากมีอุปกรณ์) ปัญหาหนักหากจะต่อขายแข่งกับญี่ปุ่นและเกาหลี คือ ตัวถังกับคีย์บอร์ด

หรือไม่ก็ทำเป็น PAL CARD สำหรับเครื่องพีซี ทำให้เครื่องพีซีกลายเป็นเครื่อง 2 จอภาพ ทั้งนี้เพื่อสร้างภาพการ์ตูนอัดลงวิดีโอเทปใช้ในการศึกษา หรือผสมอักษรลงวิดีโอเทป

ขอขอบคุณบริษัทคอมพิวเทคไมโครซิสเต็ม จำกัด ที่ให้ยืมเครื่อง Wandy มาศึกษา และตอบข้อข้องใจครับ